

**Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra telekomunikační techniky**

**Automatizované monitorování parametrů rádiové buňkové  
sítě**

**Automatic Cellular Radio Networks Parameters Monitoring**

**2015**

**Lukáš Palacký**

## Zadání bakalářské práce

Student:

**Lukáš Palacký**

Studijní program:

B2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor:

2612R059 Mobilní technologie

Téma:

**Automatizované monitorování parametrů rádiové buňkové sítě**  
**Automatic Cellular Radio Networks Parameters Monitoring**

Zásady pro vypracování:

Monitorování vybraných parametrů signálu mobilní sítě může sloužit k různým statistickým analýzám. Práce má za cíl vytvořit ovládací aplikaci k rádiovému modulu.

Vypracovaná práce bude splňovat tyto body zadání:

1. Popište možnosti logování parametrů rádiového rozhraní bezdrátových mobilních sítí.
2. Popište zadaný RF modul a všechny dostupné parametry, které vybraný modul umožňuje měřit.
3. Navrhněte automatizovaný monitorovací systém rádiové části sítě s využitím RF modulu.
4. Návrh ověřte praktickým měřením.

Seznam doporučené odborné literatury:


Poe. *Beginning Perl*. New York: John Wiley & Sons, 2012. Print.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Marek Dvorský, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2014

Datum odevzdání: 07.05.2015

  
\_\_\_\_\_  
doc. Ing. Miroslav Vozňák, Ph.D.  
vedoucí katedry

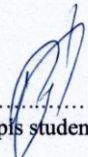


  
\_\_\_\_\_  
prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
děkan fakulty

## **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne: 29. dubna 2015

  
.....  
podpis studenta

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Marku Dvorskému, Ph.D. za odbornou pomoc a konzultaci při vytváření této bakalářské práce.

## **Abstrakt**

Tato práce se zaměřuje na vytvoření ovládacího programu k rádiovému modulu v programovacím jazyce Java. Pomocí tohoto programu se budou monitorovat a zaznamenávat parametry různých technologií rádiové buňkové sítě a zároveň povětrnostní podmínky z oblasti Vysoké školy báňské - Technické univerzity v Ostravě. Program se bude primárně využívat pro zkoumání vlivů povětrnostních podmínek na šíření rádiového signálu vybraných technologií na Katedře telekomunikační techniky, VŠB-TU Ostrava. V této práci se také popisují parametry rádiového rozhraní mobilní sítě vybraných technologií, možnosti logování těchto parametrů v dnešních podmínkách a popis samotného modemu s rádiovým modulem, pro který byl tento program vyvinut.

## **Klíčová slova**

Log; Logování; Mobilní síť; Monitorování; Parametry; PHS8; Rádiový modul; RF modul; Terminál;

## **Abstract**

This work focuses on the creation of the control program for radio module in the Java programming language. Using this program will be monitor and record various parameters of the radio cellular network technologies as well as weather conditions in the area of the VSB - Technical University in Ostrava. The program will primarily be used for examining the effects of weather conditions on radio signal propagation of selected technologies at the Department of Telecommunication Engineering, Technical University of Ostrava. This work also describes the parameters of the radio interface of the mobile network of selected technologies, logging options for these parameters in today's conditions and description of the modem with a radio module, for which the program was developed.

## **Key words**

Log; Logging; Mobile Networks; Monitoring; Parameters; PHS8; Radio module; RF module; Terminal;

## Seznam použitých zkratek

Zkratka	Význam
<b>ACT</b>	Access Technology
<b>API</b>	Application Programming Interface
<b>ARFCN</b>	Absolute Radio Frequency Channel Number
<b>BCC</b>	BaseStation Color Code
<b>BCCH</b>	Broadcast Control Channel
<b>BER</b>	Bit Error Ratio
<b>BSIC</b>	Base Station Identify Code
<b>CDMA</b>	Code Division Multiple Access
<b>ChMod</b>	Channel Mode
<b>CLF</b>	Common Log Format
<b>ComMod</b>	Compression Mode
<b>CSV</b>	Comma Separated Values
<b>DC</b>	Direct Current
<b>dBm</b>	Decibel Milliwatt
<b>E-UTRAN</b>	Evolved Universal Terrestrial Access Network
<b>EARFCN</b>	E-UTRAN Absolute Radio Frequency Channel Number
<b>Ec/no</b>	Energy per Chip to Total Noise
<b>EDGE</b>	Enhanced Data rates for GSM Evolution
<b>EGPRS</b>	Enhanced GPRS
<b>EONS</b>	Enhanced Operator Name String
<b>GPRS</b>	General Packet Radio Service
<b>GPS</b>	Global Positioning System
<b>GSM</b>	Global System for Mobile Communications
<b>GUI</b>	Graphical User Interface
<b>HSDPA</b>	High Speed Downlink Packet Access
<b>HSPA</b>	High Speed Packet Access
<b>HSPA+</b>	High Speed Packet Access Plus

---

<b>HSUPA</b>	High Speed Uplink Packet Access
<b>IMEI</b>	International Mobile Equipment Identity
<b>IMSI</b>	International Mobile Subscriber Identity
<b>JVM</b>	Java Virtual Machine
<b>KML</b>	Keyhole Markup Language
<b>LAC</b>	Location Area Code
<b>LAI</b>	Location Area Identification
<b>LED</b>	Light Emmiting Diode
<b>LTE</b>	Long Term Evolution
<b>MCC</b>	Mobile Country Code
<b>MNC</b>	Mobile Network Code
<b>NCC</b>	Network Color Code
<b>timAdv</b>	Timing Advance
<b>TS</b>	Time Slot
<b>UMTS</b>	Universal Mobile Telecommunications System
<b>OS</b>	Operation System
<b>PhysCh</b>	Physical Channel
<b>PLMN</b>	Public Land Mobile Network
<b>PSC</b>	Primary Scrambling Code
<b>Q</b>	Quality
<b>RAT</b>	Radio Access Technology
<b>RF</b>	Radio Frequency
<b>rs</b>	Recieved Signal
<b>RSCP</b>	Recieved Signal Code Power
<b>RSRP</b>	Reference Signal Recieved Power
<b>RSRQ</b>	Reference Signal Recieved Quality
<b>RSSI</b>	Received signal strength indication)
<b>SF</b>	Spreading Factor
<b>SIM PIN</b>	Subscriber Identity Module Personal Identification Number
<b>SIM PUK</b>	Subscriber Identity Module PIN Unlock Key

---



---

<b>SMA(f)</b>	female SubMiniature version A
<b>Squal</b>	Signal Quality
<b>SRxLev</b>	Signal Recieved Level
<b>TD-SCDMA</b>	Time Division Synchronous Code Division Multiple Access
<b>TETRA</b>	Terrestrial Trunked Radio
<b>UARFCN</b>	UTRAN Absolute Radio Frequency Channel Number
<b>UMTS</b>	Universal Mobile Telecommunication System
<b>USB</b>	Universal System Bus
<b>UTRAN</b>	UMTS Terrestrial Radio Access Network
<b>VoLTE</b>	Voice over LTE
<b>WCDMA</b>	Wideband Code Division Multiple Access
<b>WiMax</b>	Worldwide Interoperability for Microwave Access

---

# Obsah

Úvod.....	- 11 -
1 Popis parametrů radiového rozhraní bezdrátových mobilních sítí .....	- 12 -
1.1 Parametry mobilní sítě druhé generace .....	- 12 -
1.2 Parametry mobilní sítě třetí generace.....	- 14 -
1.3 Parametry mobilní sítě čtvrté generace .....	- 15 -
1.4 AT příkazy.....	- 16 -
1.4.1 Konfigurační příkazy.....	- 17 -
1.4.2 Řídící příkazy pracující se sériovým rozhraním.....	- 18 -
1.4.3 Bezpečnostní příkazy .....	- 18 -
1.4.4 Identifikační příkazy.....	- 18 -
1.4.5 Příkazy související s hovorovými službami .....	- 19 -
2 Možnosti logování parametrů radiového rozhraní bezdrátových mobilních sítí.....	- 23 -
2.1 Amatérské logování.....	- 23 -
2.2 Profesionální logování.....	- 27 -
3 Popis terminálu PHS8 HSPA+ Terminal Audio .....	- 30 -
3.1 Popis rádiového modulu.....	- 30 -
3.2 Popis modemu .....	- 30 -
4 Tvorba programu.....	- 32 -
4.1 Hardwarové a softwarové vybavení .....	- 32 -
4.2 Struktura programu .....	- 33 -
4.3 Důležité části programu .....	- 34 -
4.3.1 Třída SerialReader.....	- 34 -
4.4 Funkce searching.....	- 36 -
4.5 Výstupní logy .....	- 37 -
Závěr .....	- 38 -
Použitá literatura .....	- 39 -
Seznam příloh.....	xli

## Úvod

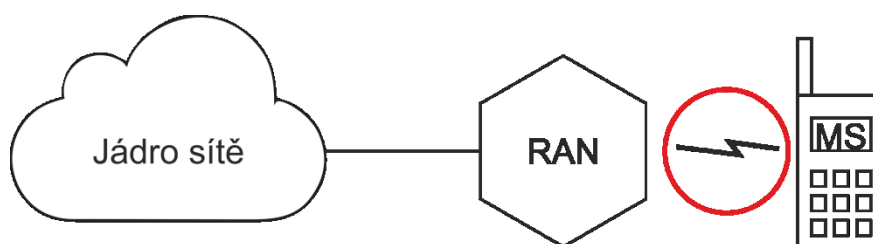
Cílem této práce je vytvoření ovládacího programu k rádiovému modulu PHS8-P HSPA+ Terminal Audio, popis tohoto modemu, možností jak lze logovat (monitorovat a ukládat) parametry rádiového rozhraní bezdrátové mobilní sítě a pomocí tohoto programu dále praktické monitorování vybraných parametrů signálu bezdrátových mobilních sítí a následné ukládání naměřených hodnot v podobě tabulek pro snadnou orientaci.

Monitorování vybraných parametrů signálu mobilní sítě může sloužit k různým statistickým analýzám a optimalizace bezdrátových rádiových mobilních sítí. Pomocí takto naměřených parametrů jsme si například schopni sami ověřit kvalitu přijímaného signálu a poté porovnat s udávanými hodnotami poskytovatele mobilních služeb. Mimo monitorování mobilních sítí tento program stahuje údaje o počasí z internetových stránek z oblasti Vysoké školy báňské - Technické univerzity v Ostravě a je tedy možné zkoumat závislosti šíření rádiového signálu na povětrnostních podmínkách.

Program bude využit při řešení projektu studentské grantové soutěže, která se již od roku 2011 řeší na Katedře telekomunikační techniky, VŠB-TU Ostrava. Projekt se zabývá vlivem počasí na šíření rádiového signálu vybraných technologií.

# 1 Popis parametrů radiového rozhraní bezdrátových mobilních sítí

Jak již bylo zmíněno v úvodu, pojem logování vyjadřuje monitorování a ukládání různých záznamů, v tomto případě parametrů radiového rozhraní mobilní sítě a povětrnostních podmínek. Modem s RF (rádiovým) modulem nám tedy umožňuje logování parametrů radiového rozhraní bezdrátové mobilní sítě. Pro lepší představu je na obrázku 1.1 v červeném kruhu vyznačeno toto rádiové rozhraní sítě, na kterém probíhá měření veškerých parametrů. Toto rozhraní je označováno jako Um (GSM, GPRS, EDGE) nebo Uu (UMTS, LTE).



Obrázek 1.1: Zjednodušené schéma struktury mobilní sítě

Existují dva režimy, ve kterých se může modem nacházet. Prvním je tzv. Idle režim, v tomto stavu je modem nečinný v síti, ale je v ní přihlášen a vyčkává na přenos dat, posílání SMS (Short Message System) nebo hovor. Druhý je tzv. Dedicated režim, což je režim při kterém modem začne komunikovat v síti. Při Dedicated režimu přibývá několik dalších parametrů oproti režimu Idle.

V souvislosti s monitorováním radiové buňkové sítě se uvádí dva odlišné typy buněk. Tou první je aktivní buňka (Serving Cell), ke které se připojí modem a komunikuje s ní. Aktivní buňka také vysílá informace o jejích okolních neboli sousedních buňkách (Neighbour Cells).

## 1.1 Parametry mobilní sítě druhé generace

Součástí systému GSM (Global System for Mobile Communications) je rádiová přístupová síť GRAN (GSM Radio Access Network). Na rádiovém rozhraní této sítě máme možnost sledovat parametry týkající se např. přístupových technologií, identifikačních čísel (rádiových kanálů, buněk), úroveň a kvalitu přijímaného signálu, kódy sítě, oblasti a mnoho dalších. Třímístný mobilní kód země MCC (Mobile Country Code) a dvomístný kód sítě MNC (Mobile Network Code) spolu dohromady tvoří kód PLMN (Public Land Mobile Network) označující síť mobilního operátora v dané zemi (např. Vodafone CZ - 230 03). Dalším důležitým kódem je BSIC (Base Station Identify Code), což je unikátní identifikační kód pro základnovou stanici. Tento kód se skládá z třímístného kódu barvy základnové stanice BCC (Base Station Color Code) a třímístného kódu barvy sítě NCC (Network Color Code). V následujících dvou tabulkách jsou popsány veškeré měřitelné parametry na tomto rádiovém rozhraní [1][4].

Tabulka 1.1: Tabulka s popisem parametrů sítě 2G v Idle režimu [1].

<b>Parametr</b>	<b>Popis</b>
ACT (Access Technology)	<i>Přístupová technologie</i>
ARFCN (Absolute Radio Frequency Channel Number)	<i>Hodnota označující rádiový kanál.</i>
BCCH (BaseStation Color Code)	<i>Přijímaná úroveň BCCH nosné v dBm.</i>
cell	<i>Identifikační číslo buňky.</i>
rs (Recieved Signal)	<i>Hodnota RSSI v rozmezí 0-63. Bere v úvahu jak parametr RSCP tak EC/n0.</i>
MCC	<i>Mobilní kód země.</i>
MNC	<i>Mobilní kód sítě.</i>
NCC	<i>Rozlišuje buňky operátorů z různých zemí u pohraničí.</i>
BCC	<i>Odlišuje od sebe buňky stejné sítě.</i>
C1	<i>Koeficient pro výběr základnových stanic (pro Aktivní buňky). Koeficient pro výběr buňky (pro sousední buňky).</i>
C2	<i>Koeficient pro výběr základnových stanic (pro Aktivní buňky). Koeficient pro výběr buňky (pro sousední buňky).</i>
LAC (Location Area Code)	<i>Kód oblasti.</i>
GPRS (General Packet Radio Service)	<i>Označuje stav GPRS.</i>

Tabulka 1.2: Tabulka s popisem parametrů 2G sítě v Dedicated režimu [1].

<b>Parametr</b>	<b>Popis</b>
ARFCN	<i>Hodnota označující rádiový kanál BCCH nosné.</i>
TS (Time Slot)	<i>Číslo Timeslotu.</i>
timAdv (Timing Advance)	<i>Časový předstih udávaný v bitech.</i>
dBm (Decibel Milliwatt)	<i>Přijímaná úroveň v dBm.</i>
Q (Quality)	<i>Přijímaná kvalita signálu (0-7).</i>
ChMod (Channel Mode)	<i>Kanálový mód.</i>

## 1.2 Parametry mobilní sítě třetí generace

Pro systém UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) byla zkonstruována rádiová přístupová síť UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network). Některé parametry se nazývají odlišně vzhledem k předchozí síti GSM a přibyly také zcela nové. Např. kvalita signálu SQual (Signal Quality) a přijímaná úroveň signálu SRxLev (Signal Recieved level) se zde značí jiným způsobem. Jelikož se v UMTS využívá technologie HSPA jsou zde nyní parametry pro uplink HSUPA (High Speed Uplink Packet Access) a downlink HSDPA (High Speed Downlink Packet Access). Důležitým parametrem je také RSCP (Recived Signal Code Power), který představuje výkon přijatého signálu a EC/nO jako poměr signálu a šumu, který vyjadřuje kvalitu linky. Tyto parametry se uplatňují při automatickém přepojování, tedy při přechodu mezi sousedními buňkami a připojování k nejvhodnější základnové stanici. V následujících tabulkách 1.3 a 1.4 jsou zobrazeny všechny měřené parametry na rádiovém rozhraní sítě 3G [1][5].

Tabulka 1.3: Tabulka s popisem parametrů sítě 3G v Idle režimu [1].

<b>Parametr</b>	<b>Popis</b>
ACT	Přístupová technologie.
UARFCN (UTRAN Absolute Radio Frequency Channel Number)	UTRAN absolutní číslo rádiofrekvenčního kanálu BCCH nosné.
cell	Identifikační číslo buňky.
MCC	Mobilní kód země.
MNC	Mobilní kód sítě.
PSC (Primary Scrambling Code)	Kód sloužící k identifikaci odlišných buňek.
SQual	Hodnota kvality pro vybranou základnovou stanici v dB.
SRxLev	Hodnota přijímané úrovně pro vybranou základnovou stanici v dB.

Tabulka 1.4: Tabulka s popisem parametrů 3G sítě v Dedicated režimu [1].

<b>Parametr</b>	<b>Popis</b>
PhysCh (Physical Channel)	Typ fyzického kanálu.
SF (Spreading Factor)	Faktor šíření.
Slot	Formát pro DPCH (0-16) a pro FDPCH (0-9).
EC/nO (Energy per Chip to Total Noise)	Poměr nosná/šum v dB.
ComMod (Compression Mode)	Mód komprese (0-1).

RSCP	<i>Shromážděná RF energie po procesu korelace/dekódování uvedená v dBm.</i>
HSUPA	<i>označován dvojicí xy. X = dostupnost: 0 - ne, 1 - ano. Y = stav: 0 - vypnuto, 1 - zapnuto, 2 - není dostupný.</i>
HSDPA	<i>označován dvojicí xy. X = dostupnost: 0 - ne, 1 - ano, 2 - HSDPA+ je dostupné. Y = stav: 0 - vypnuto, 1 - zapnuto, 2 - není dostupný.</i>

### 1.3 Parametry mobilní sítě čtvrté generace

Přístupová síť systému LTE (Long Term Evolution) se nazývá E-UTRAN (Evolved Universal Terrestrial Access Network). Mezi nejdůležitější měřené parametry této sítě patří absolutní číslo RF kanálu EARFCN (E-UTRA Absolute Radio Frequency Channel Number), úroveň přijímaného referenčního signálu RSRP (Reference Signal Received Power) a poskytující dodatečné informace pro automatické přepojení. Souhrn všech parametrů naleznete v tabulce 1.5 níže[13][6].

Tabulka 1.5: Tabulka s popisem parametrů sítě 4G v Idle režimu [1].

<b>Parametr</b>	<b>Popis</b>
ACT	<i>Access Technology</i>
EARFCN (E-UTRA Absolute Radio Frequency Channel Number)	<i>E-UTRA Absolutní číslo rádiofrekvenčního kanálu</i>
Band	<i>E-UTRA frekvenční pásmo</i>
DL Bandwidth (Downlink)	<i>Šířka pásma pro Downlink</i>
UL Bandwidth (Uplink)	<i>Šířka pásma pro Uplink</i>
Mode	<i>FDD (Frequency Division Duplex) nebo TDD (Time Division Duplex)</i>
MCC	<i>Mobilní kód země</i>
MNC	<i>Mobilní kód sítě</i>
TAC (Tracking Area Code)	<i>Číslo sledované oblasti</i>
Global Cell ID	<i>Globální Identifikační číslo</i>
Physical Cell ID	<i>Fyzické identifikační číslo</i>
SRxLev	<i>Hodnota přijímané úrovně pro vybranou základnovou stanici v dB.</i>
RSRP (Reference Signal Received Power)	<i>Přijímaný výkon referenčního signálu</i>
RSRQ (Reference Signal Received Quality)	<i>Přijímaná kvalita referenčního signálu</i>

Conn_state	Stav spojení
------------	--------------

Jediným dodatečným parametrem v Dedicated režimu u sítě LTE je parametr Tx power. Tento parametr vyjadřuje vysílaný výkon stanice, ve směru Uplink.

## 1.4 AT příkazy

Pomocí tzv. AT příkazů, které se zasílají přímo modemu, můžeme modem ovládat. Tyto příkazy byly vyvinuty firmou Hayes Microcomputers roku 1981. Pod zkratkou AT se skrývá původní celý název Attention Code, ze kterého se používají první dvě písmena. AT příkazy je možné psát s malými i velkými písmeny (non-case sensitive).

Při psaní příkazu se, až na výjimečné případy, píše vždy na začátek zkratka AT. Poté následují různé sekvence znaků a nakonec se vždy přidává tzv. navrácení vozíku (Carriage Return) označované jako <CR>, tento znak zastupuje stisknutí klávesy ENTER. Příkazy jsou většinou ihned nebo s kratší odezvou následovány odpověďmi ve tvaru <CR><LF>Text odpovědi<CR><LF>, kde <LF> je odřádkování (Line Feed). Při korektním provedení příkazu modem odesílá zprávu ve tvaru OK, naopak pokud se příkaz neprovedl nebo vznikla nějaká chyba, modem odesílá odpověď ERROR. Ve formátu zápisu parametrů AT příkazů se často objevují ostré závorky < a >, které se v samotném zápisu nepíší, to samé platí o hranatých závorkách [ a ], do kterých se zapisují volitelné parametry. Následující čtyři obecné verze syntaxí, slouží jako názorná ukázka odlišných typů zápisu jediného AT příkazu.

- Testovací příkaz (Test Command) *AT+CXXX=?*. Pokud se příkaz provede bez chyb, modem vrací jako odpověď seznam parametrů a rozmezí hodnot, které byly zadány uživatelem pomocí příkazu pro zápis nebo vnitřním procesem.
- Příkaz pro čtení (Read Command) *AT+CXXX?*. Pomocí takového zápisu příkazu modem vrací odpověď se současně nastaveným parametrem nebo parametry.
- Příkaz pro zápis (Write Command) *AT+CXXX=<...>* přiřazuje uživatelem zadané hodnoty parametrům.
- Spouštěcí příkaz (Execution Command) *AT+CXXX* přečte neměnné hodnoty parametrů vzniklé vnitřním procesem v modemu.

Namísto znaku + se často používají i znaky &, ^ nebo následuje ihned další sekvence písmen. Následující kapitola bude zaměřena hlavně příkazům pro zápis (Write Command), spouštěcím příkazům (Execution Command) a jejich parametrům, jelikož ostatní typy příkazů se zapisují stále ve stejném formátu [1].

### Nejpoužívanější AT příkazy

Existují dva příkazy odlišné ode všech ostatních formou zápisu:



- +++- Modem se může nacházet v jednom ze dvou módů, prvním je mód pro interpretaci příkazů (Command Mode) a druhým je mód, ve kterém modem přenáší data (Data Mode). Tímto příkazem je možné se přepnout z datového módu do módu příkazového, jako opačný příkaz funguje, ATO.

- A/- Tento příkaz zopakuje poslední příkaz. Obecně, pokud začnete zadáním prvního znaku a/A do příkazové řádky, jako druhý znak musí vždy následovat t/T nebo /. Znak / působí jako ukončující znak. To tedy znamená, že pokud zadáte druhý nesprávný znak, je nezbytně nutné začít znovu od začátku se znakem a/A.

#### 1.4.1 **Konfigurační příkazy**

*AT&F* -Uvádí všechny uživatelské nastavení AT příkazů do továrního nastavení.

*AT&V*- Vrací hodnoty parametrů několik příkazů vztahující se k aktuálnímu provoznímu režimu.

*AT+CFUN* - Tímto příkazem lze ovládat funkcionalitu modemu nebo modem resetovat. Příkaz pro zápis má tvar *AT+CFUN=<fun>[, <rst>]*, kde *<fun>* představuje funkcionální úroveň modemu a *<rst>* je numerická hodnota parametru, při jejím nastavení na hodnotu 1 (a zároveň musí být i *fun=1*) se modem restartuje. Parametru *<fun>* lze nastavit tři různé hodnoty:

0 - Minimální funkcionální úroveň, modem je uveden v tzv. Letadlovém režimu, ve kterém jsou veškeré rádiové služby zakázány. Odpojí také SIM (Subscriber Identity Module) kartu od sítě.

1 - Normální funkcionální úroveň tzn. běžný chod modemu.

4 - Stejně nastavení jako u hodnoty 0 s tím rozdílem, že karta SIM zůstává přihlášená pro funkce nezávislé na síti.

*AT+CMEE* - Pomocí tohoto příkazu lze změnit číslicový formát oznámení chyby zaslané modemem na textový nebo naopak. Modemu se zasílá příkaz pro zápis ve formátu *AT+CMEE=<errMode>*, kde *<errMode>* je numerická hodnota. Hodnota parametru *<errMode>* může nabývat třech různých hodnot:

0 - Konkrétní chybové hlášení je vypnuto. Navrací pouze textovou odpověď *ERROR*.

1 - Chybové hlášení je zapnuto, modem zasílá jako odpověď chybový kód.

2 - Chybové hlášení je zapnuto, modem zasílá jako odpověď text popisující chybu.

*AT^SMSO* - Uvede modem do procesu vypínání. Po tomto příkazu se již další příkazy neposílají.

### 1.4.2 Řídící příkazy pracující se sériovým rozhráním

*ATE* - Určuje zda se spolu s odpovědí modemu vrací i původní příkaz tzv. ozvěna (Echo). Příkaz pro zápis má následující formu *ATE*[<value>]. Parametr<value> může nabývat jedné z těchto hodnot:

0 - Echo vypnuto.

1 - Echo zapnuto [1].

### 1.4.3 Bezpečnostní příkazy

*AT+CPIN* - Příkaz umožňující přihlašování do sítě. Příkaz zapsaný ve formátu pro čtení navrací odpověď typu alfanumerického textu, oznamující jestli je nutná autorizace nebo už je SIM karta v síti přihlášena. Formát příkazu pro zápis je *AT+CPIN*=<pin>[, <new pin>]. Při zaslání příkazu *AT+CPIN?*, lze z textové odpovědi modemu zjistit, jaký typ hesla očekává zadat (např. *SIM PIN*- *Subscriber Identity Module Personal Identification Number*, *SIM PUK* - *Subscriber Identity Number PIN Unlock Key* atd.). Heslo tohoto typu se tedy zadává jako parametr <pin>, pokud modem žádá o heslo typu *SIM PUK*, pak je nutné zadat i volitelný parametr <new pin>, kterým se zároveň nastaví nové heslo *SIM* karty (*SIM PIN*) [1].

### 1.4.4 Identifikační příkazy

*ATI* - Obsahem odpovědi tohoto příkazu jsou informace o výrobci zařízení (modemu), modelu a revize. Revize se skládá z verze softwaru xxa varianty software uyy. Příklad odpovědi modemu:

ATI

Cinterion

PHS8-P

REVISION xx.yyy

OK

*AT+CGSN* - Příkaz, jehož účelem je zažádat zařízení o jeho *IMEI* (International Mobile Equipment Identity) číslo. Příklad odpovědi modemu:

AT+CGSN

359998042132409

OK

*AT+CIMI* - Příkaz, který požádá zařízení o jeho *IMSI* (International Mobile Subscriber Identity) číslo. K této operaci je nutné zadat *SIM PIN*. Příklad odpovědi modemu:

AT+CIMI

230030155455968

OK

### 1.4.5 Příkazy související s hovorovými službami

*ATA* - Tímto příkazem je možné přijmout příchozí hlasový nebo datový hovor. Případné další AT příkazy ve stejném řádku jsou ignorovány.

*ATD* - Zadáním příkazu ve formátu *ATD<phoneNumber>;*, kde parametr *<phoneNumber>* znamená telefonní číslo Vámi volané mobilní stanice, je možné uskutečnit hlasový hovor. Vypuštěním znaku ";" je možné uskutečnit datové volání.

*ATH* - Příkaz *ATH* umožňuje odpojení od linky a ukončení datového volání (s přepojováním okruhů).

*AT+CHUP* - Ukončí všechny právě probíhající hlasové hovory ve stavu aktivní, čekající a přidržení.

#### 1.4.5.1 Příkazy související se síťovými službami

*AT+COPS* - Dotazuje se na současný stav registrace modemu do sítě a umožňuje nastavit automatickou nebo manuální volbu sítě. Příkaz pro zápis:

*AT+COPS=<mode>[, <format>[, <opName>][, <rat>]]*, kde parametr *<mode>* může nabývat čtyř hodnot, postačí však plně první dvě:

0 - Automatická volba sítě.

1 - Manuální volba sítě.

Parametr *<format>* označuje formát zápisu jména operátora *EONS* (Enhanced Operator Name String) a jeho hodnoty mohou být:

0 - Tzv. *Long EONS* neboli dlouhý zápis jména alfanumerickými znaky (až 24 znaků).

1 - Tzv. *Short EONS* neboli krátký zápis jména alfanumerickými znaky (až 8 znaků).

2 - Představuje celočíselnou hodnotu parametru *<opName>*.

90 - Dlouhý alfanumerický formát parametru *<opName>* (až 16 znaků).

91 - Krátký alfanumerický formát parametru *<opName>* (až 8 znaků).

Další parametr *<opName>* znamená jméno operátora. Což je vlastně číslo *LAI* (Location Area Identification), které je složeno z 3číselného kódu *MCC* spolu s 2 nebo 3číselným kódem *MNC*.

Posledním parametrem je *<rat>*. Tímto parametrem je možné nastavit modemu pomocí jaké rádiové přístupové technologie, se má registrovat. Následují hodnoty parametru, kterých může nabývat:

0 - GSM

2 - UTRAN

3 - GSM w/EGPRS (Enhanced GPRS)

4 - UTRAN w/HSDPA (High Speed Downlink Packet Access)

6 - UTRAN w/HSDPA a HSUPA (High Speed Uplink Packet Access)

*AT+CSQ* - Indikuje přijímanou úroveň signálu jako parametr *<rss>* a bitovou chybovost parametrem *<ber>*. Každá z hodnot parametru *<rss>* představuje určitou přijímanou úroveň signálu:

0 - 113 dBm nebo méně.

1 -111 dBm.

2 až 30 -109 až -53 dBm.

31 - 51 dBm nebo více.

99 - neznámé nebo nedetekovatelné.

Hodnoty parametru *<ber>* :

0 až 7 - Hodnoty odpovídající *RxQUAL* (viz tabulka č. 1. 5)

99 -neznámé nebo nedetekovatelné (u GSM a UMTS sítí).

Tabulka 1.6: *Tabulka hodnotami RxQUAL odpovídajícími procentuálnímu vyjádření BER (Bit Error Ratio)[2].*

<i><b>RxQUAL</b></i>	<i><b>BER</b></i>
0	<i>Méně než 0,1 %</i>
1	<i>0,26 % až 0,30 %</i>
2	<i>0,51 % až 0,64 %</i>
3	<i>1 % až 1,3 %</i>
4	<i>1,9 % až 2,7 %</i>
5	<i>3,8 % až 5,4 %</i>
6	<i>7,6 % až 11%</i>
7	<i>více než 15 %</i>

*AT^SMONI* - Tento příkaz poskytuje informace o hlavní buňce. Může nastat několik situací, podle kterých modem zašle odpovídající informace:

Modem právě nekomunikuje (Neprobíhá hovor):

a) Modem pouze vyčkává v buňce GSM (2G):

*AT^SMONI* : ACT,ARFCN,BCCH,MCC,MNC,LAC,cell,C1,C2,NCC,BCC,GPRS,  
ARFCN,TS,timAdv,dBm,Q,ChMod

Příklad:

AT^SMONI: 2G,71,-61,262,02,0143,83BA,33,33,3,6,G,NOCONN

b) Modem pouze vyčkává v buňce UMTS (3G):

AT^SMONI:

ACT,UARFCN,PSC,EC/n0,RSCP,MCC,MNC,LAC,cell,SQual,SRxLev,

PhysCh,SF,Slot,EC/n0,RSCP,ComMod,HSUPA,HSDPA

Příklad:

AT ^SMONI: 3G,10564,296,-7.5,-79,262,02,0143,00228FF,-92,-78,NOCONN

c) Modem vyhledává, tzn., že zatím ještě nenašel vhodnou GSM (2G) buňku:

AT^SMONI: ACT,ARFCN,BCCH,MCC,MNC,LAC,cell,C1,C2,NCC,BCC,GPRS,

ARFCN,TS,timAdv,dBm,Q,ChMod

Příklad: AT^SMONI: 2G,SEARCH,SEARCH

d) Modem vyhledává, tzn., že zatím ještě nenašel vhodnou UMTS (3G) buňku:

AT^SMONI: ACT,UARFCN,PSC,EC/n0,RSCP,MCC,MNC,LAC,cell,SQual,

SRxLev,PhysCh,SF,Slot,EC/ n0,RSCP,ComMod,HSUPA,HSDPA

Příklad: AT^SMONI: 3G,SEARCH,SEARCH

Modem právě komunikuje(Probíhá hovor):

a) v GSM (2G) buňce:

AT^SMONI: ACT,ARFCN,BCCH,MCC,MNC,LAC,cell,C1,C2,NCC,BCC,GPRS,

ARFCN,TS,timAdv,dBm,Q,ChMod

Příklad: AT^SMONI: 2G,673,-80,262,07,4EED,A500,35,35,7,4,G,643,4,0,-80,0,S\_FR

b) v UMTS (3G) buňce:

AT^SMONI:

ACT,UARFCN,PSC,EC/n0,RSCP,MCC,MNC,LAC,cell,SQual,SRxLev,PhysCh,S

F,Slot,EC/ n0,RSCP,ComMod,HSUPA,HSDPA

Příklad: AT^SMONI: 3G,10663,212,-3.0,-75,262,03,9C57,7E7D68B,30,43,DPCH,128,8,-3.0,-75,0

AT^SMONP - Poskytuje informace o 3G aktivních a všech sousedních buňkách.  
Příklady různé odezvy modemu při komunikaci v GSM (2G) a UMTS (3G) buňkách:

a) Odpověď v případě komunikace v GSM (2G) buňce:

2G:

ARFCN1, rs1, dBm1, MCC1, MNC1, NCC1, BCC1, C11, C21, LAC1, cell11  
ARFCN2, rs2, dBm2, MCC2, MNC2, NCC2, BCC2, C12, C22, LAC2, cell12

...

ARFCNn, rsn, dBmn, MCCn, MNCn, NCCn, BCCn, C1n, C2n, LACn, celln

3G:

UARFCN1, PSC1, EC/n01, RSCP1 UARFCN2, PSC2, EC/n02, RSCP2 ...  
UARFCNn, PSCn, EC/n0n, RSCPn

b) Odpověď v případě komunikace v UMTS (3G) buňce:

3G:

UARFCN1, PSC1, EC/n01, RSCP1, SQual1, SRxLev1  
UARFCN2, PSC2, EC/n02, RSCP2, SQual2, SRxLev2

...

UARFCNn, PSCn, EC/n0n, RSCPn, SQualn, SRxLevn

2G:

ARFCN1, RSSI1, NCC1, BCC1, SRxLev1  
ARFCN2, RSSI2, NCC2, BCC2, SRxLev2

...

ARFCNn, RSSIn, NCCn, BCCn, SRxLevn[1]

## 2 Možnosti logování parametrů rádiového rozhraní bezdrátových mobilních sítí

V dnešní době existuje mnoho možností jak monitorovat parametry bezdrátových mobilních sítí. Pro nenáročného uživatele, kteří se spokojí s monitorováním a logováním základních parametrů, je možné řešení v rámci mobilních aplikací na mobilních zařízeních. Naopak pro profesionální využití jako je budování, testování a optimalizace sítí, monitorování rádiového spektra apod., jsou řešením profesionální sofistikované systémy pro výkonnější stolní počítače a notebooky.

### 2.1 Amatérské logování

Jednou z možností je zakoupení mobilního zařízení s operačním systémem Android a v oficiálním Google Play obchodě bezplatně zakoupit aplikaci, např. G-NetTrack nebo GSM Signal Monitoring.

#### **G-NetTrack**

S pomocí GPS (Global Positioning System) je možné touto aplikací sledovat parametry aktivní buňky, sousedních buněk a údaje o poloze (GPS souřadnice, nadmořská výška, rychlost). Pomocí mapového podkladu a naměřených parametrů sítě, lze tyto parametry reálně zaznačit do mapy (viz Obrázek 1.1). Pokud se uživatel pohybuje v průběhu logování, pak se do mapy zaznamenává i údaj o cestě a hlavní buňky, se kterými mobilní stanice komunikovala. Tyto mapové podklady lze následně uložit ve formátu KML (Keyhole Markup Language), který lze otevřít v online službě společnosti Google Maps (k tomuto je však nutné vytvoření uživatelského účtu). Druhou možností je logování parametrů sítě, kdy se vytvoří mapové podklady spolu s vyznačenými parametry a paralelně i textové soubory s naměřenými parametry. V nastavení aplikace lze upravovat např. časové intervaly pro logování záznamů, volba jednotlivých logů, které chceme uložit a je možné nastavit i cílovou složku v zařízení, kam chceme tyto data umístit. Mimo jiné je v aplikaci dostupná obrazovka s výpisem informací o síti (operátor, země) a mobilním zařízení (IMSI, IMEI).

Hlavní výhodou této aplikace je, u základní verze, bezplatnost a splnění základních požadavků pro monitorování a logování parametrů. Další výhodou je možnost zakoupení rozšířené verze G-NetTrack PRO, která poskytuje další rozšíření (3D mapy, měření uvnitř budov, nahrávání vlastních plánů budov a pokojů apod.) a dostupný manuál. V online obchodě Google Play, lze také zakoupit zhruba o třetinu levnější verzi této aplikace (G-NetLog), která pouze neobsahuje zmiňovanou podporu map a s tím spojené funkce.

Nevýhodami jsou všudypřítomné reklamy (u bezplatné verze), nemožnost logování jen vybraných parametrů a omezení plynoucí z použitého mobilního zařízení a tím i omezení podporovaných technologií a absence české lokalizace aplikace[7].

Aplikace loguje následující parametry aktivní buňky:

- CELLID (identifikační číslo buňky)
- LEVEL (síla přijatého signálu)
- QUAL (kvalita přijatého signálu)
- MCC (mobilní kód země)
- MNC (mobilní kód sítě)
- LAC (kód oblasti)

U sousedních buněk lze monitorovat parametry LAC, CELLID/PSC, LEVEL a typ monitorované technologie. Parametry LEVEL a QUAL závisí na typu právě monitorované technologie a jsou pro každou technologii označovány různě:

- 2G - RXLEVEL a RXQUAL
- 3G - RSCP a ECNO
- 4G - RSRP a RSRQ



Obrázek 2.1: Aplikace G-NetTrack

## GSM Signal Monitoring

Jak už z anglického názvu vyplývá, jedná se o monitorovací aplikaci sítě GSM. Dokáže však logovat a monitorovat, nejen GSM ale i UMTS a LTE, pokud tyto technologie podporuje mobilní stanice, na které je aplikace spuštěna. Hlavním úkolem této aplikace jak sám výrobce uvádí je logování parametrů mobilní bezdrátové sítě, znázornění přenosových rychlostí pro datové přenosy a sílu signálu pomocí grafů. Aplikace podporuje import údajů o BTS (Base Transceiver Station) ve formátu CLF (Common Log Format) a tyto stanice je následně možné vyobrazit. Logování se spouští stiskem tlačítka v horním pravém rohu a celý proces běží na pozadí. Poté je možné nastavit např. jak dlouho má aplikace logovat, a rozmezí zobrazované oblasti grafů a časové období. Logovací soubory se ukládají ve formátu CSV (Comma Separated Values) do Vámi zvolené složky v mobilním zařízení. Uživatelské rozhraní je navrženo jednoduše a přehledně (viz Obrázek 1.2). Aplikace nedisponuje velkým množstvím nastavení tudíž je i ovládání intuitivní a není potřeba manuálu. Alternativou k této aplikaci je GSM Field Test, který je také dostupný zdarma a umožňuje mimo logování parametrů, také



zaznamenávání těchto parametrů do mapových podkladů a ukládání těchto dat ve formátu KML nebo obrazových snímků. Aplikace zvládá logování pouze parametry kód oblasti, operátora, identifikační číslo buňky a to vše spolu s aktuálním časem. Navzdory tomu si můžete na hlavní obrazovce pojmenovanou INFO, prohlédnout více aktuálně měřených parametrů, které se však nelogují. Mezi ty patří:

- Režim zařízení, jméno operátora, mobilní kód země a sítě,
- technologii sítě, oznámení o roamingu,
- rychlost přenosu dat a sílu přijímaného signálu.

Výhodami této aplikace je již zmiňované uživatelsky přívětivé grafické rozhraní a intuitivní ovládání, česká lokalizace a zobrazení naměřených hodnot ve formě grafů. Celá aplikace měří tzv. na pozadí, tzn. že, je možné obsluhovat aplikaci i během logování.

Jako jeden z hlavních nedostatků se jeví absence volby logovacích parametrů, poměrně slabá škála parametrů a reklama obsažená v aplikaci[8].



Obrázek 2.2: Aplikace GSM Signal Monitoring

Dalším hojně využívaným, leč již zastaralým prostředím je Symbian, navržený pro mobilní telefony značky Nokia. V tomto prostředí jsou nejpoužívanější aplikace Field Test a Cell Track. Obě tyto aplikace jsou k dispozici zdarma, avšak Field Test slouží pouze k monitorování sítě oproti tomu Cell Track je schopný i parametry sítě logovat.

### Cell Track

Je to mobilní aplikace určena pro mobilní telefony s operačním systémem Symbian. Cell Track je ideální volbou pro nenáročného uživatele. K logování je potřeba zakoupit mobilní telefon s OS (Operační Systém) Symbian a odblokovat tento telefon pro možnosti instalování tzv. nepodepsaných aplikací, jelikož je tento software volně šiřitelný a vytvořený skupinkou nadšenců. Tato aplikace se využívá hlavně pro tzv. Lov BTS, což v praxi znamená vyhledávání okolních BTS

stanic, kdy uživatelé nalézají polohu BTS pomocí přijaté síly mobilního signálu. Tito uživatelé takto dohromady tvoří neoficiální mapy pokrytí mobilním signálem. Jednotlivé logy se ukládají ve formátu LOG. Cell Track umožňuje zaznamenávat:

- Identifikační číslo buňky
- Mobilní kód země a sítě
- Kvalitu signálu a úroveň signálu v dBm
- Kód oblasti

Výhodami této aplikace je nízká pořizovací cena pro provozní zařízení, bezplatnost aplikace, jednoduché ovládání a informativní přehled se základními parametry.

Mezi nevýhody patří omezené nastavení aplikace, nemožnost logování pouze vybraných parametrů, absence české lokalizace a fakt, že se již jedná o zastaralý software v porovnání s možnostmi logování např. u OS Android[9].



Obrázek 2.3: Aplikace Cell Track

### Field Test režim

V operačním systému Android, Windows Phone a iOS je možné vytočit speciální sekvenci znaků, po kterých Vám mobilní zařízení nabídne tzv. testovací menu (Field Test Menu). Toto menu nabízí informace o mobilním zařízení a parametrech rádiové mobilní sítě. U jednotlivých operačních systémů se vyvolává menu vytočením těchto znaků:

- Android - \*##4636#\*##\*,
- iOS - \*3001#12345#\*,
- Windows Phone - ##3282#.

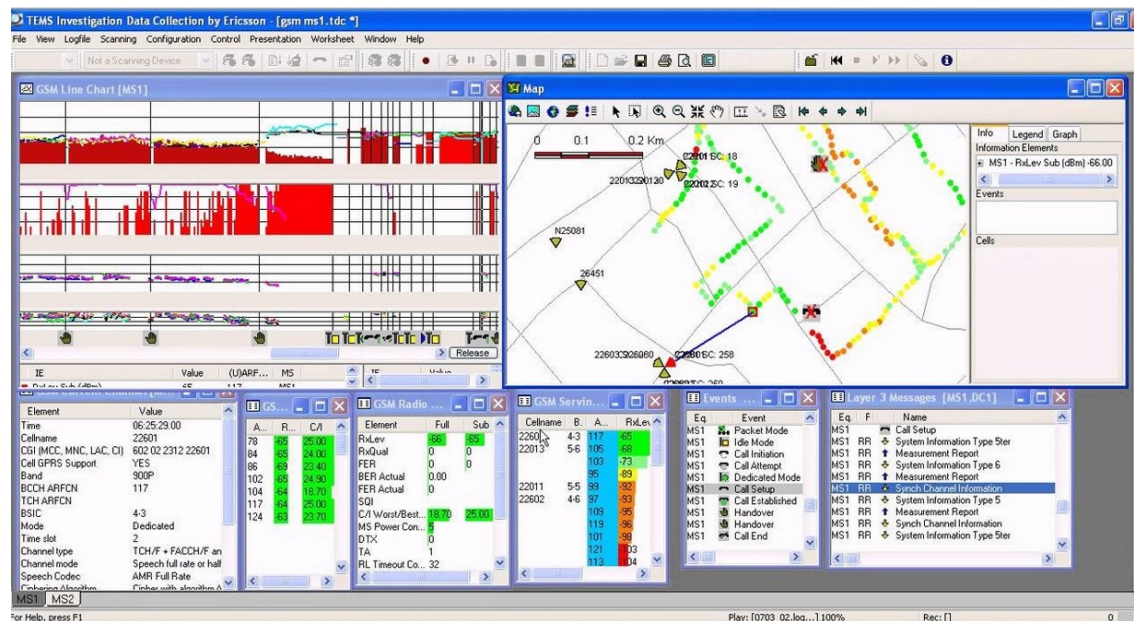
Na osobních počítačích a noteboocích s jádrem operačního systému Linux, je možné komunikovat s modemem pomocí programu Minicom a v operačním systému Windows je dostupný program HyperTerminal. Oba tyto programy slouží pouze ke komunikaci s modemem tj. zadávání AT příkazů modemem a naslouchání jeho odpovědí. Nelze tedy pomocí těchto programů logovat parametry sítě[10].

## 2.2 Profesionální logování

Z profesionálního hlediska jsou však tyto možnosti nedostačující. Problematicke monitorování a logování parametrů bezdrátových rádiových mobilních sítí se v dnešní době věnuje mnoho společností. Za zmínku však stojí přední výrobce Rohde & Schwarz, tato firma se specializuje např. na výrobu měřicí techniky, mobilních radiostanic apod. ale také na softwarové řešení k těmto výrobkům, které pak dohromady tvoří sofistikované profesionální systémy. Takovéto přístroje a systémy se pohybují v řádech deseti až statisíců.

### TEMS Investigation

Je jedním z nejpoužívanějších programů na světě, jinými slovy je možné se s tímto programem setkat ve více než 180 zemích světa. Uplatnění tento program našel ve sféře průmyslu a standardně se používá pro řešení problému, autentizaci, optimalizaci a údržbu bezdrátových sítí. TEMS Investigation podporuje všechny hlavní technologie, což z něj činí ideální nástroj pro testování sítě v každé fázi jejího životního cyklu. Pro měřicí (mobilní) zařízení poskytuje podporu v operačních systémech Android, Windows Phone a iOS. Disponuje také velmi širokou podporou technologií: GSM, GPRS, EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution), WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access), HSPA (High Speed Packet Access), HSPA+ (High Speed Packet Access Plus), TD-SCDMA (Time Division Synchronous Code Division Multiple Access), CDMA (Code Division Multiple Access), LTE-Advanced (Long Term Evolution-Advanced), LTE, a WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access). Logovací záznamy lze exportovat v mnoha formátech a pro tyto záznamy je v programu připraveno množství nástrojů a grafů pro jejich zpracování a analýzu (viz Obrázek 1.4). Program se zaměřuje hlavně na měření ve vnitřních prostorách, pro které jsou k dispozici další pomocné funkce usnadňující přípravu pro měření a měření samotné. Jedním z takových nástrojů je tzv. manuální Pingpointing, díky němu je možné předem naplánovat trasu, na které chceme měřit. Tato trasa se skládá z jednotlivých bodů, které lze zaznačit do předem připravených mapových podkladů nebo půdorysů. Dalším důležitým nástrojem je testovací měření VoLTE (Voice over LTE) neboli přenášení hlasových hovorů pomocí datové sítě LTE. Tento program je schopen logovat veškeré dostupné parametry rádiového rozhraní sítě s jistým omezením, týkající se mobilního zařízení. Samozřejmostí je provozování několika mobilních stanic najednou. Doporučení je tedy zvolit mobilní telefon, který podporuje nejnovější bezdrátové mobilní technologie[11].

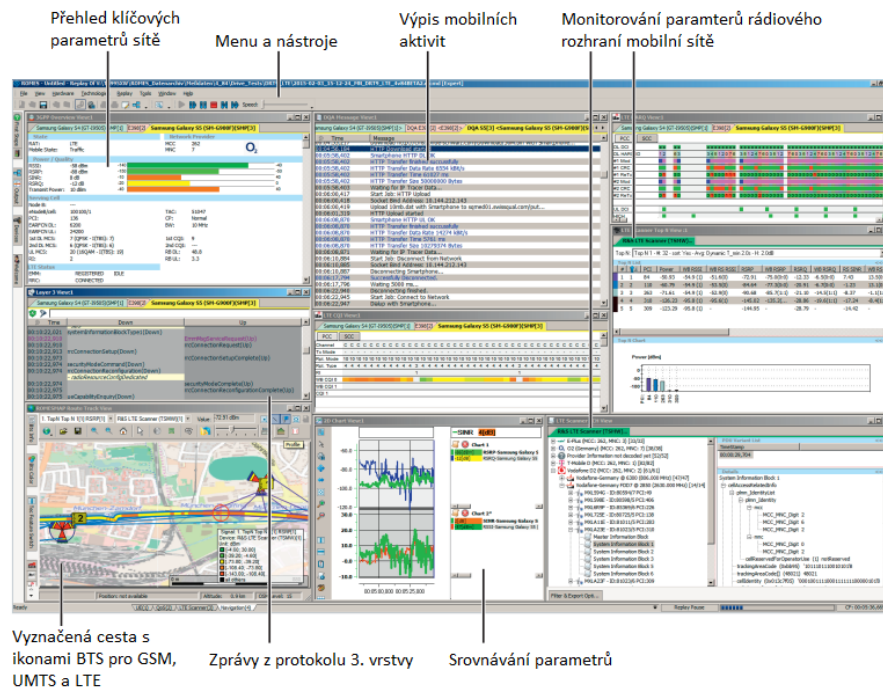


Obrázek 2.4: TEMS Investigation

## R&S®ROMES4

Jedním z takových systémů je R&S®ROMES4 vytvořen firmou Rohde & Schwarz (R&S). Je to univerzální softwarová platforma pro síťové optimalizační systémy vytvořené firmou R&S, sloužící k plánování, optimalizaci, testování a nasazení sítě do provozu. V kombinaci s dalšími testovacími a měřicími přístroji, jako jsou skenery bezdrátových komunikačních sítí a testovací mobilní telefony, poskytuje řešení pro úkoly při měření pokrytí signálem, identifikaci rušení signálu a měření výkonnosti v bezdrátových komunikačních sítích. Kromě zaznamenávání a zobrazování parametrů software tyto údaje zpracovává ihned a statistiky vypracovává v reálném čase. Tento systém podporuje veškeré dostupné mobilní rádiové technologie jako např. GSM/GPRS/EDGE Evolution, WCDMA/HSPA/HSPA+, LTE, TETRA (Terrestrial Trunked Radio), WIMAX a další. Pomocí tohoto systému je možné monitorovat a zaznamenávat parametry rádiového rozhraní sítě v závislosti na použité technice a technologii sítě. Pokud máme k dispozici mobilní telefon, omezují se dostupné parametry, na ty, které daný typ telefonu umožňuje sledovat a na ty technologie, které podporuje dané zařízení. Je však možné provádět měření až na osmi mobilních stanicích zároveň. Druhou možností je použití univerzálního analyzátoru rádiových sítí (R&S®TSMW). Tento analyzátor je vytvořen na míru k tomuto software a podporuje tedy veškeré zmíněné možnosti, které jsou dostupné přímo v programu. Hlavním využitím tohoto analyzátoru je však optimalizace rádiových komunikačních sítí a funguje také jako skener bezdrátových komunikačních sítí (sledování parametrů rádiového rozhraní mobilní sítě). Na Obrázku 1.4 si můžete prohlédnout grafické uživatelské rozhraní systému[12].

## Možnosti logování parametrů rádiového rozhraní bezdrátových mobilních sítí



Obrázek 2.5: R&S®ROMES4

## 3 Popis terminálu PHS8 HSPA+ Terminal Audio

### 3.1 Popis rádiového modulu

Tento modul PHS8 HSPA+ je součástí modemu (terminálu) jako celku a jak je už z názvu patrné, disponuje novou technologií HSPA+. PHS8 je optimalizované pro velkou šířku pásma a umožňuje rychlost až 14,4 Mb/s pro Downlink a 5,7 Mb/s pro Uplink. Modul je k dispozici ve třech verzích, PHS8-P s pěti pásmy UMTS pro globální roaming a dvě místní varianty, PHS8-USA/US (Spojené státy americké) a PHS8-E (Evropa) pouze se dvěma pásmy[1].

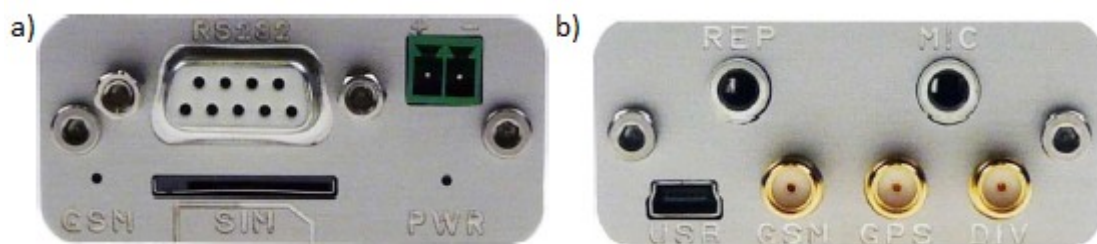


Obrázek 3.1: Modem PHS8 HSPA+ Terminal Audio

### 3.2 Popis modemu

Tento modem dokáže pracovat se čtyřmi pásmy (850/900/1800/1900 MHz) GSM/GPRS/EDGE a pěti pásmy (850/800, 900, 1900 a 2100 MHz) UMTS/HSPA+. Umožňuje pracovat s daty, faxem a SMS aplikacemi. Modem je možné připojit k PC nebo Notebooku pomocí paralelního rozhraní RS232 nebo sériového rozhraní USB. Na přední straně (viz Obrázek 1.6) se nachází již zmiňovaný RS232 konektor, svorky pro napájení 8-30 V (DC - Direct Current) a je tedy nutné dodržet polaritu a GSM LED (Light Emmiting Diode) dioda, která je po zapnutí modemu neaktivní, ale lze ji uvést do chodu příkazem AT^SLED. Dále je zde možné nalézt slot pro vložení SIM karty a LED dioda indikující stav napájení, jenž svítí zeleně v případě, že je zařízení zapnuto. Na zadní straně modemu jsou vstupní konektor pro mikrofón a výstupní pro reproduktory nebo sluchátka (3,5 mm JACK). Dále jsou zde situovány tři konektory SMA(f) (female SubMiniature version A), první slouží k připojení hlavní GSM antény, druhý pro připojení GPS antény a na třetí konektor je možné připojit diverzitní anténu pro zlepšení GSM signálu. Jako poslední je na zadním panelu umístěn konektor USB (Universal System Bus) 2.0.





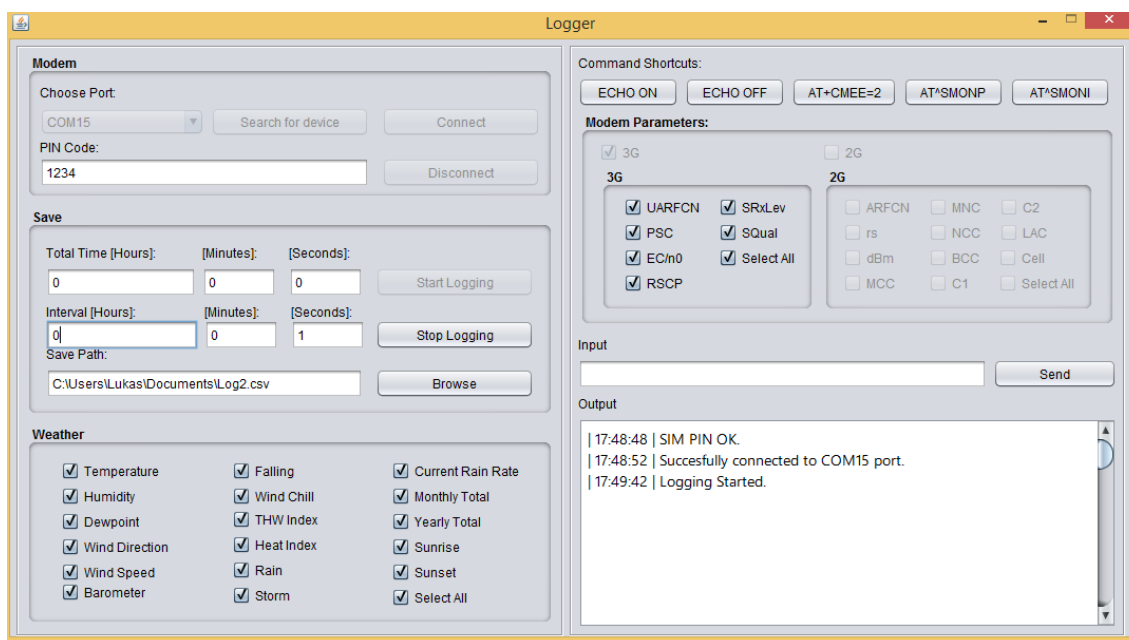
Obrázek 3.2: Přední strana (a) a zadní strana (b) modemu

Tabulka 3.1: Tabulka s technickými parametry modemu PHS8-P HSPA+ Terminal Audio[3].

<i>Název</i>	<i>PHS-8 HSPA+ Terminal Audio</i>
GSM modul	<i>Gemalto M2M GmbH - Cinterion</i>
Frekvenční pásma GSM	<i>800/850/900/1800/1900/2100 MHz</i>
Komunikační rychlost (Mb/s)	<i>14,4/5,76</i>
Uživatelské rozhraní	<i>RS-232, USB</i>
Teplotní rozsah pracovní	<i>-20°C až +55°C</i>
Teplotní rozsah skladovací	<i>-40°C až +85°C</i>
Napájecí napětí	<i>8 - 30 V DC</i>
Spotřeba	<i>1 W / 3,5 W (příjem/vysílání)</i>
Anténní konektor	<i>SMA(f) 50 Ohm</i>
Rozměry	<i>25 x 54 x 97 mm</i>
Upevnění	<i>DIN lišta 35 mm</i>
Váha	<i>95 g</i>

## 4 Tvorba programu

V této kapitole se budu věnovat samotné tvorbě a popisu programu. Program jsem tvořil dle pokynů a požadavků vedoucího práce. Prostřednictvím tohoto programu jsme schopni komunikovat s modemem pomocí AT příkazů, logovat údaje o povětrnostních podmínkách v oblasti VŠB, nacházející se v Ostravské části Poruba a veškeré parametry rádiového rozhraní mobilní sítě, které jsou popsány v kapitole 1 této práce. Spouštěcí soubory programu pro OS Windows a OS s jádrem Linux jsou přiloženy v příloze této práce.



Obrázek 4.1: Grafické uživatelské rozhraní programu Logger

### 4.1 Hardwarové a softwarové vybavení

Pro vytvoření ovládacího programu k modulu PHS8 HSPA+ Terminal Audio jsem zvolil programovací jazyk Java. Hlavním důvodem proč jsem si vybral tento programovací jazyk je, že je tzv. Platformě nezávislý. Jinými slovy, pokud naprogramoval jsem tento program v jazyce Java, proto aby mohl být spuštěn, bez výraznějších změn ve zdrojovém kódu, v operačním systému Windows a v operačních systémech s jádrem Linux, kde je nainstalován balíček Java s JVM (Java Virtual Machine). JVM neboli virtuální stroj, se stará o překlad byte kódu napsaném v jazyce Java a následným spuštěním programu.

Mým hlavním cílem tedy byla kompatibilita tohoto programu v operačním systému Windows a operačních systémech s jádrem Linux. Aby bylo ovládání programu jednoduché a intuitivní, bylo nutné vytvoření grafického uživatelského rozhraní neboli GUI (Graphical User Interface). GUI jsem navrhnul a vypracoval pomocí knihovny Java Swing, která je součástí programovacího jazyku Java. Java balíček je možné stáhnout ze stránek výrobce [www.oracle.com](http://www.oracle.com).

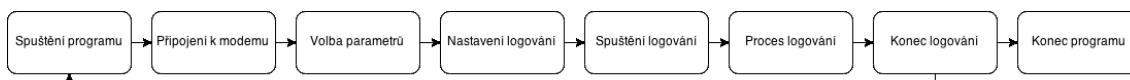


Aby bylo možné navázat spojení s modemem pomocí sériového rozhraní USB, bylo zapotřebí použít doplňkovou knihovnu s názvem JSSC. Java sice obsahuje komunikační API (Application Programming Interface) javax.comm, pomocí kterého lze komunikovat se sériovými porty, to však pracuje pouze se 32 - bitovými verzemi operačních systémů a je značně zastaralé. Na výběr byli knihovny RXTX a JSSC, podporující jak 32 - bitové, tak 64 - bitové verze operačních systémů Windows a distribucí s jádrem Linux. Vyzkoušel jsem obě z nich a rozhodl jsem se zvolit knihovnu JSSC, jelikož jsem zjistil, že pomocí knihovny RXTX se v testovaném OS Ubuntu 14.04 (Linux) nezobrazovaly správně komunikační porty, které jsou nezbytně nutné pro navázání spojení s modemem. JSSC knihovna je šířena jako jediný JAR soubor na rozdíl od RXTX, kde nestačí pouze JAR soubor, ale je nutné přiložit také nativní knihovnu k danému operačnímu systému. Mimo jiné JSSC se stále vyvíjí a prakticky, v kombinaci se mnou dostupným modulem, pracuje spolehlivěji.

Dále je nutné nainstalování ovladačů k samotnému modemu přímo v operačním systému Windows. Bez těchto, správně nainstalovaných, ovladačů se modem nejeví systému jako dostupný ke komunikaci a není tedy možné s ním navázat spojení. Ovladače k modemům jsou součástí přílohy této práce.

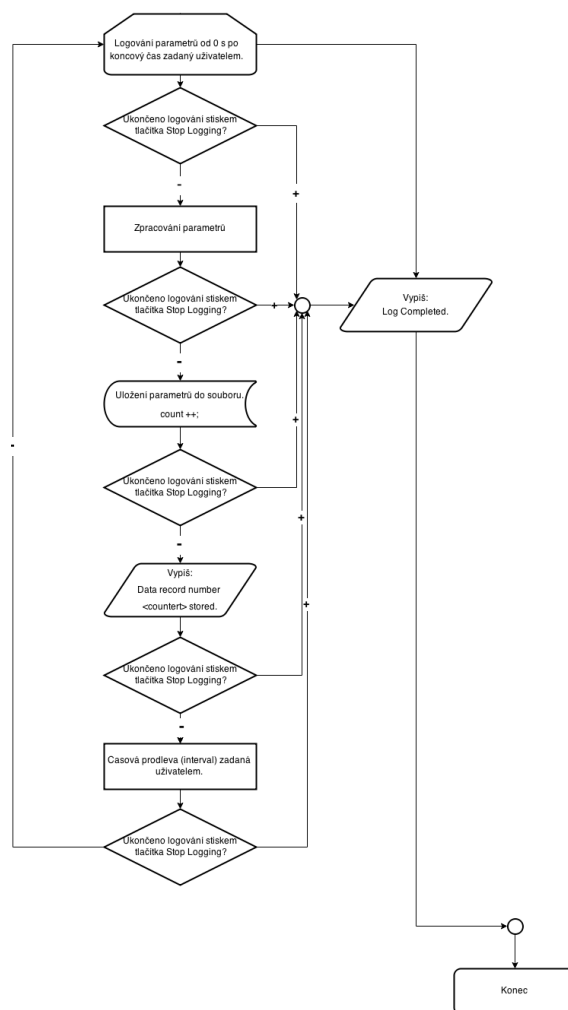
## 4.2 Struktura programu

Pro lepší představu a pochopení struktury a fungování celého programu jsem sestavil vývojový diagram. Tento diagram se nachází v příloze této práce (viz Příloha B). Dále uvádím zjednodušené schéma životního cyklu programu (viz Obrázek 4.2).



Obrázek 4.2: *Zjednodušené schéma životního cyklu programu*

Na obrázku 4.3 je možné vidět nejdůležitější část vývojového diagramu programu a to samotný cyklus logování parametrů. Celý proces se opakuje po dobu zadanou uživatelem a zároveň program naslouchá, pokud by si uživatel přál proces předčasně ukončit pomocí tlačítka v GUI programu. Následuje zpracovávání údajů, jež se skládá ze čtení odpovědí modemem a rozdělení těchto odpovědí do proměnných. Dále se, dle vybraných parametrů uživatelem, uloží hodnoty z těchto proměnných do souboru a program čeká po dobu zadanou uživatelem (interval). Cyklus je u konce a celý proces se opakuje. Celý vývojový diagram programu je přiložen v příloze této práce (viz Příloha B).

Obrázek 4.3: *Cyklus logování parametrů*

## 4.3 Důležité části programu

V průběhu tvorby programu se vyskytovali problémy jak řešit některé situace. Např. při čtení odpovědí přicházejících od modemu nebo při vyhledávání dostupných komunikačních portů. Řešení těchto problémových situací budu dále popisovat s pomocí důležitých částí zdrojového kódu programu.

### 4.3.1 Třída SerialReader

Tato třída naslouchá událostem, které se dějí na sériovém rozhraní tzn., že v okamžiku kdy je dostupná odpověď modemu, tak je splněna vždy alespoň jedna podmínka. Všechny podmínky slouží ke čtení odpovědi modemu, každá však slouží k jinému účelu. První podmínka (!isRunning && isFree) testuje dvě boolovské proměnné podle, kterých se rozhodne, zda je program ve fázi, kdy navázal komunikaci s modemem, ale zároveň neprobíhá logování parametrů. Tímto způsobem je možné vypisovat odpovědi modemu do výstupního okna Output.

Veškerý výpis do výstupního okna provádím pomocí vlastní funkce `appendOutput(<String>)`. Tato funkce přidává před odpověď také aktuální čas.

Na stejném principu i čtení odpovědi pomocí ostatních podmínek. Na rozdíl od pouhého výpisu, však dále tyto informace program ukládá a později zpracovává. Pokud je boolovská proměnná `isRunning` pravda, pak se ukládají příchozí data do třídní proměnné `parameterLines`, ze které se později vyseparují potřebná data a ty se ukládají do výsledného logovacího souboru.

V případě, že proměnná `isTesting ATCOPS` nabývá hodnoty pravda, pak se data ukládají do třídní proměnné `atCopsLines`. Přičemž se testování této proměnné provádí ihned. Pokud tato proměnná bude obsahovat text `ERROR`, pak se modemu nepodařilo připojit k požadované síti (tato situace nastává v případě, kdy modem nemá dostatečný signál).

Poslední možností, která může nastat, za předpokladu, že proměnná `checkingPin` bude pravdivá, je ukládání dat znovu do třídní proměnné `cpinLines`. Tato proměnná se následně kontroluje další funkcí, ve které program vyhodnotí, zda je PIN kód zadán správně nebo naopak není a vypíše tak na výstup programu, jaký kód je třeba zadat.

```
static class SerialPortReader implements SerialPortEventListener
{
    @Override
    public void serialEvent(SerialPortEvent event)
    {
        if(event.isRXCHAR())// Testování dostupnosti dat
        {
            String lines="";
            try{
                if(!isRunning && isFree){ //Po navázání
                spojení s modemem pro komunikaci pomocí AT příkazů
                    appendOutput(serialPort.readString());
                }
                if(isRunning) // Pokud běží logování
                {
                    parameterLines="";
                    lines = "";
                    lines = serialPort.readString();
                    parameterLines += lines;
                }
            }
        }
    }
}
```

```

                                if(isTestingATCOPS) //Testování
technologie sítě
                                {
                                    atcopsLines="";
                                    lines = "";
                                    lines = serialPort.readString();
                                    atcopsLines += lines;
                                    isTestSiteOk =
!atcopsLines.contains("ERROR");
                                }

                                if(checkingPin) //Ověřování PIN kódu
                                {
                                    cpinLines="";
                                    lines = "";
                                    lines = serialPort.readString();
                                    cpinLines += lines;
                                }
                            }
                        catch (SerialPortException ex)
                        {
                            System.out.println(ex);
                        }
                    }
                }
            }
        }
    }
}
```

#### 4.4 Funkce searching

Jak již bylo zmíněno, během vývoje se vyskytly se potíže s mapováním komunikačních portů. Tyto potíže se objevily při testování v OS Ubuntu 14.04 při používání knihovny RXTX. Proto jsem byl nucen vyhledat odlišnou knihovnu pro tvorbu programu a zdrojový kód modifikovat. Problém vyřešila knihovna JSSC, pomocí které jsem implementoval jednoduchou funkci pro vyhledávání komunikačních portů počítače. Nejprve se do pole s názvem portNames, typu String načtou všechny názvy dostupných portů, za pomoci funkce getPortNames. Pokud žádné porty nejsou dostupné, ihned se zapíše prázdný text do nabídky. Jestli naopak jsou

dostupné, tak se v cyklu přiřadí tyto jména portů do rozbalovací nabídky v GUI programu, pro možnost výběru uživatelem.

```
private void searching() {  
    String[] portNames = SerialPortList.getPortNames();  
    if (portNames.length == 0) {  
        commportScroll.setModel(new  
javax.swing.DefaultComboBoxModel(portNames));  
    }  
    for (int i = 0; i < portNames.length; i++) {  
        commportScroll.setModel(new  
javax.swing.DefaultComboBoxModel(portNames));  
    }  
}
```

### 4.5 Výstupní logy

Prakticky naměřené logy ve formátu CSV, jsou součástí přílohy této práce. Logy jsou pojmenovány podle monitorovaných technologií (2G a 3G) a mimo parametry rádiového rozhraní sítě jsou v nich zahrnuty i naměřené parametry povětrnostních podmínek.

Logy a parametry povětrnostních podmínek jsou podrobněji popsány v manuálu programu, který je taktéž součástí přílohy práce (viz Příloha A).

## Závěr

V této bakalářské práci jsem se zabýval problematikou monitorováním a následným zaznamenáváním parametrů rádiového rozhraní bezdrátové mobilní sítě druhé a třetí generace. Začal jsem popisem měřených parametrů rádiového rozhraní sítě a užitečných AT příkazů, ze kterých byla část použita při tvorbě programu. Následně jsem shrnul dnešní možnosti logování parametrů buňkových sítí pomocí amatérské, cenově dostupné techniky a programů i profesionální techniky, využívající sofistikované monitorovací systémy. Dále jsem popsal modem s rádiovým modulem PHS8 HSPA+ Terminal Audio, pro který jsem vyvíjel program a uvedl jeho specifikace. Poslední kapitolou teoretické části této bakalářské práce byl popis tvorby samotného programu a tvorba manuálu k jeho ovládání spolu s podrobným popisem programu.

Hlavním výsledkem této práce je však tvorba automatizovaného systému pro logování parametrů buňkové sítě. Program jsem naprogramoval v programovacím jazyce Java. Tento programovací jazyk jsem zvolil proto, aby bylo možné program spustit jak v operačním systému Windows, tak i v operačních systémech s jádrem Linux. Program jsem testoval v operačním systému Windows 8.1 a Ubuntu 14.04. Jelikož program komunikuje s modemem pomocí sériového rozhraní, bylo třeba použít doplňkovou knihovnu JSSC. Knihovna obsažená v jazyce Java, již totiž nevyhovuje dnešním požadavkům, je značně zastaralá a omezuje se na podporu pouze 32 - bitových operačních systémů. V kombinaci s tímto typem RF modulu pracuje knihovna JSSC spolehlivě, postrádá však velké množství nástrojů, pomocí kterých je možné eliminovat vzniklé chyby a výjimky v programu, proto bylo ladění programu a celkové vylepšování v porovnání s knihovnou obsaženou v jazyce Java, popř. RXTX, poměrně složité.

V průběhu vývoje a testování programu jsem se snažil dosáhnout co nejvíce možných situací, ve kterých se modem může nacházet a ve kterých by mohly vznikat problémy s komunikací. Všechny problémy jsem vyřešil, takže žádné zásadní problémy nemohou během komunikace vznikat. Avšak je možné zlepšení v oblasti ladění, přizpůsobení funkcí čehož lze dosáhnout dlouhodobým testováním této aplikace. V rámci dalšího vývoje aplikace je možné např. přidat logování parametrů GPS a zaznamenávání základnových stanic do mapových podkladů nebo zpracování naměřených údajů do grafů.

Hlavní uplatnění programu spočívá v řešení projektu studentské grantové soutěže, zabývající se vlivem počasí na šíření rádiového signálu vybraných technologií. Řešení probíhá již od roku 2011 na Katedře telekomunikační techniky, VŠB-TU Ostrava.

## Použitá literatura

- [1] CINTERION. AT Command Set: PHS8-E [Dokument]. 2013 [cit. 21.04.2015].
- [2] Digital cellular telecommunications system (Phase 2+). ETSI [online]. 2015 [cit. 2015-04-21]. Dostupné z: [http://www.etsi.org/deliver/etsi\\_ts/145000\\_145099/145008/12.04.00\\_60/ts\\_145008v120400p.pdf](http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/145000_145099/145008/12.04.00_60/ts_145008v120400p.pdf)
- [3] SECTRON. Terminály: PHS8 HSPA+ Terminal Audio [Dokument]. Ostrava, 2013 [cit. 21.4:2015].
- [4] GSM Technical Specification. ETSI [online]. 1996 [cit. 2015-04-21]. Dostupné z: [http://www.etsi.org/deliver/etsi\\_gts/03/0303/05.00.00\\_60/gsmts\\_0303v050000p.pdf](http://www.etsi.org/deliver/etsi_gts/03/0303/05.00.00_60/gsmts_0303v050000p.pdf)
- [5] PLHÁK, Jan. Analýza parametrů a komunikačních protokolů na rádiovém rozhraní sítí UMTS [online]. Brno, 2010 [cit. 2015-04-21]. Dostupné z: [http://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_veřejne.php?file\\_id=28365](http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_veřejne.php?file_id=28365). Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [6] KRATOCHVÍL, Lukáš. Koncepce mobilních sítí čtvrté generace (LTE) v heterogenním uspořádání [online]. Praha, 2013 [cit. 2015-04-21]. Dostupné z: [http://mtt.ieee.cz/studentska-soutez/soutez2013/DP\\_Kratochvil\\_HetNet\\_eICIC.pdf](http://mtt.ieee.cz/studentska-soutez/soutez2013/DP_Kratochvil_HetNet_eICIC.pdf). Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze.
- [7] G-Net Track. Gyokov Solutions [online]. 2010 [cit. 2015-04-21]. Dostupné z: <http://www.gykovsolutions.com/G-NetTrack%20Android.html>
- [8] GSM Signal Monitoring. Signal Monitoring [online]. 2011 [cit. 2015-04-21]. Dostupné z: <http://signalmonitoring.com/en/gsm-signal-monitoring>
- [9] CellTrack - pomocník lovce BTS. GSM web [online]. 2010 [cit. 2015-04-21]. Dostupné z: <http://www.gsmweb.cz/pav/celltrack/>
- [10] Cellular Phone Field Test Modes. WPS Antennas [online]. 2014 [cit. 2015-04-21]. Dostupné z: <http://www.wpsantennas.com/pdf/testmode/fieldtestmodes.pdf>
- [11] TEMS Investigation. Ascom [online]. 2014 [cit. 2015-04-21]. Dostupné z: <http://www.ascom.com/nt/en/index-nt/tems-products-3/tems-investigation-5.htm#overview>
- [12] R&S®ROMES4 Drive Test Software: Mobile coverage and QoS measurements in mobile networks. ROHDE&SCHWARZ GMBH&CO. KG. Rohde & Schwarz [online]. 2009 [cit. 2015-04-21]. Dostupné z: <http://cdn.rohde->

schwarz.com/pws/dl\_downloads/dl\_common\_library/dl\_brochures\_and\_datash  
eets/pdf\_1/ROMES4\_bro\_en\_5214-2062-12\_v0600.pdf

- [13] GEMALTO. Cinterion PLS8 [Dokument]. 2013 [cit. 21.04.2015].



---

## Seznam příloh

Příloha A:	Manuál k programu Logger (5 stran) .....	xlii
Příloha B:	Vývojový diagram programu (1 strana) .....	xlix
Příloha C:	Zjednodušené schéma životního cyklu programu Logger (1 strana) .....	l

Součástí BP je archív ve formátu ZIP.

Adresářová struktura přiloženého archívu:

- Logger\_Linux (složka) obsahující spouštěcí soubory pro distribuce OS Linux:
  - LoggerLinux.jar
  - jssc.jar
- Logger\_Windows (složka) obsahující spouštěcí soubory pro OS Windows:
  - LoggerWindows.jar
  - jssc.jar
- 2G.csv (log)
- 3G.csv (log)
- PHS\_Driver\_6002.zip (archív s ovladači k modemu PHS8 HSPA+ Terminal Audio)

## **Manuál k programu Logger**

### **Úvod**

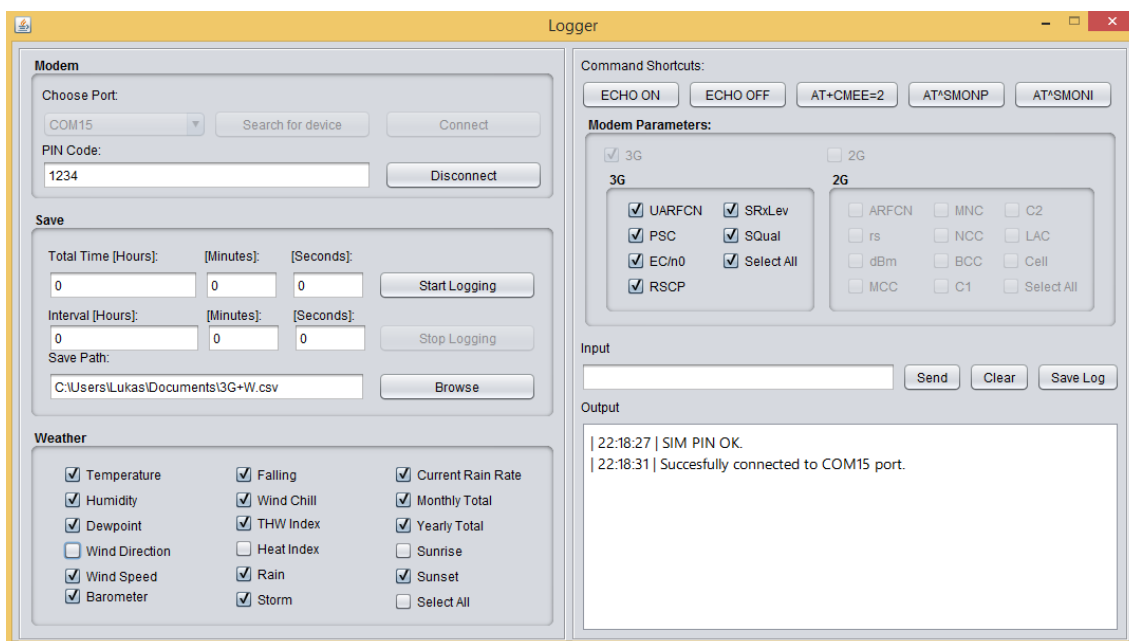
Tento manuál byl vytvořen k programu Logger, který byl vyvinut jako součást Bakalářské práce. Program slouží hlavně pro monitorování a zaznamenávání parametrů rádiového rozhraní mobilní sítě druhé a třetí generace prostřednictvím modemu s rádiovým modulem PHS8 HSPA+ Terminal Audio. Umožňuje mimo jiné také zaznamenávat povětrnostní podmínky v oblasti VŠB v Ostravě Porubě. Doplnkovou funkcí tohoto programu je komunikace přes sériové rozhraní s modemem pomocí AT příkazů. Popis měřených parametrů a používaných AT příkazů je uveden v teoretické části práce. Kompletní sada AT příkazů k tomuto modemu je k dispozici u výrobce.

### **Požadavky**

Program je vytvořen pro OS Windows a distribuce Linuxu (32 i 64 – bitové verze). Testován byl na OS Windows 8.1 a Ubuntu 14.04. Ke spuštění je nutná instalace balíčku JAVA, která je k dispozici na webových stránkách výrobce [www.oracle.com](http://www.oracle.com) v sekci Downloads a ovladače k samotnému modemu PHS8 HSPA+ Terminal Audio. Tyto ovladače jsou součástí přílohy práce.

### **Popis ovládacích prvků programu**

Program jsem nazval Logger a jak již bylo zmíněno, jako programovací jazyk byl zvolen Java. Na obrázku 1 můžeme vidět GUI programu a rozdělení ovládacích prvků do jednotlivých panelů pro větší přehlednost. Tyto panely budu následně podrobněji popisovat.



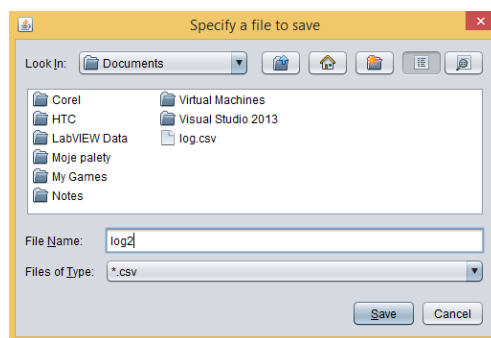
Obrázek 1: Grafické uživatelské rozhraní programu

## Panel Modem

V panelu modem se nachází rolovací nabídka s názvy dostupných komunikačních portů (umístěna pod štítkem *Choose Port*). Napravo se nachází tlačítko *Search for device*, pomocí kterého můžeme znovu zavolat funkci pro obnovení rolovací nabídky dostupných komunikačních portů. Stisknutím tlačítka *Connect* se program pokusí navázat spojení s modemem. Naopak tlačítkem *Disconnect* program již navázané spojení přeruší. Do textové pole označené štítkem *PIN code* zadáváme PIN kód k SIM kartě založené v modemem.

## Panel Save

Obsahem panelu *Save* jsou především textová pole. V prvním řádku je rozdělen celkový čas určený k logování parametrů rozdělen ve třech textových polích zleva zadáváme počet hodin (*Hours*), v dalším minuty (*Minutes*) a v posledním sekundy (*Seconds*). Obdobně nastavujeme čas i v řádku pod, s tím rozdílem, že zde nastavujeme časový interval, ve kterém chceme parametry měřit. Při zanechání nul ve všech textových polích u celkového času k logování (*Total Time*), logování poběží v tzv. nekonečné smyčce, neboli program se neukončí po určitém čase, ale vyčkává na ukončení uživatelem. Posledním textovým polem, ukotveným pod štítkem *Save Path*, je pole, do kterého nastavujeme cestu v úložišti pro uložení výstupního souboru. Stiskem tlačítka *Browse* se objeví nové okno GUI, pomocí něhož můžeme zvolit cestu pro uložení výstupního souboru, aniž bychom museli zapisovat tuto cestu ručně do příslušného textového pole (viz Obrázek 4.2). Tlačítka *Start Logging* a *Stop Logging* slouží ke spuštění celého procesu logování parametrů.



Obrázek 2: Ukládání souboru pomocí GUI

## Panel Weather

Tento panel je tvořen zaškrťovací pole. Ke každému zaškrťovacímu poli náleží popis parametrů povětrnostních podmínek. Vybrat lze libovolnou kombinaci, popřípadě zaškrtnutím políčka *Select All*, je možné označit nebo zrušit označení všech ostatních polí najednou.

## Tlačítka s příkazy

V pravém horním rohu programu se nachází pět tlačítek pro rychlou volbu při komunikaci s modemem. Tyto tlačítka slouží jako tzv. zkratky, pro urychlení často využívaných, ručně psaných AT příkazů. Skupina tlačítek se zpřístupní po navázání spojení s modemem. Prvním tlačítkem je *ECHO ON*, kterým modemu zašleme zprávu o zapnutí tzv. echa, jinými slovy spolu s odpovědí modemu na AT příkaz, přichází před odpovědí i samotný AT příkaz (zprehlednění komunikace). Tlačítkem *ECHO OFF* naopak tuto volbu vypneme. Tlačítko *AT+CMEE=2* přepíná odpovědi chybových hlášení, které jsou ve výchozím nastavení v číselném formátu, na textový formát. Tlačítko *AT^SMONP* slouží k vypsání parametrů, aktivní buňky sítě a buněk sousedních, na výstup (*Output*) stejně tak funguje i tlačítko *AT^SMONI* poskytující informace o hlavní buňce.

## Panel Modem Parameters

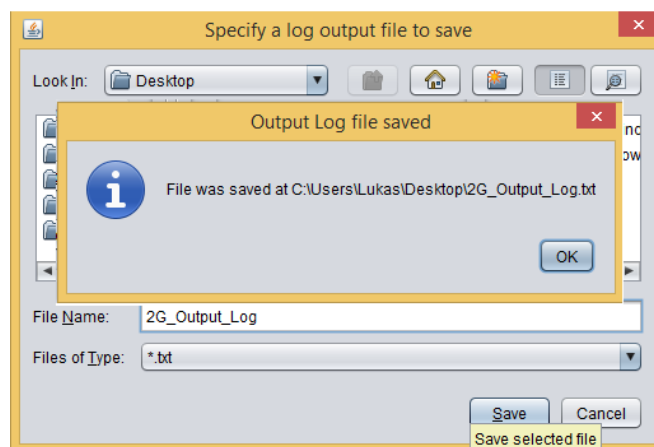
Obsahuje dvě zaškrťovací pole *2G* a *3G* pro zvolení technologie, kterou chceme monitorovat. Dále je panel rozdělen do dalších dvou menších panelů. Dle zvolené technologie, se po připojení, zpřístupní jeden z menších panelů se zaškrťovacími poli pro jednotlivé parametry rádiového rozhraní mobilní sítě (*2G* nebo *3G*).

## Vstup a výstup

Celou spodní polovinu pravého panelu tvoří pět prvků. Prvním je vstupní textové pole označené popisem *Input*. Do tohoto pole se zapisují AT příkazy, které chceme zaslat modemu. Odeslání tohoto příkazu provedeme stiskem tlačítka *Send* a odpovědi modemu se, spolu s aktuálním časem, zobrazují ve výstupním okně *Output*. Tlačítko *Clear* slouží k vymazání

---

obsahu výstupního okna a tlačítkem *Save Log*, lze obsah tohoto okna uložit do textového souboru pomocí GUI (viz obrázek 3).



Obrázek 3: Ukázka ukládání obsahu výstupního okna

## Monitorování

Před samotným spuštěním program se ujistěte, že je modem připojený k počítači pomocí sériového rozhraní (USB). Zkontrolujte také správné připojení externí antény ke konektoru (GSM), případně přídavné antény na konektoru DIV, zdali máte správně vloženou SIM kartu a jestli svítí zelená LED dioda, oznamující zapnutý modem.

## Spuštění programu

Prvním krokem je spuštění samotného program, které je možné provést dvěma způsoby. V OS Windows lze program spustit jednoduchým dvojitým kliknutím na ikonu programu. V operačních systémech s jádrem Linux je potřeba spustit program prostřednictvím terminálu. K tomu slouží příkaz `java -jar <název souboru>.jar` (název souboru je potřeba zadat shodně s ohledem na velké/malé písmena), tento příkaz spustí program v případě, že se nacházíte ve složce aktuálně umístěného souboru. Touto cestou lze spustit program i v OS Windows (pomocí příkazové řádky).

## Připojení k modemu

Po spuštění programu se zobrazí GUI (viz Obrázek 4), ve kterém je nejprve v pravém horním rohu zvolit příslušný komunikační port pro navázání spojení s modemem. Dalším krokem je zadání PIN kódu SIM karty, vložené do modemu. Výběr technologie, kterou chceme monitorovat (2G nebo 3G) v panelu *Modem Parameters*. Následně stiskněte tlačítko *Connect* v panelu Modem a program se pokusí navázat spojení s modemem. Pokud jste zadali PIN kód správně, program se připojí k modemu. V opačném případě budete vyzváni k zadání správného PIN kódu.

## Volba parametrů a nastavení

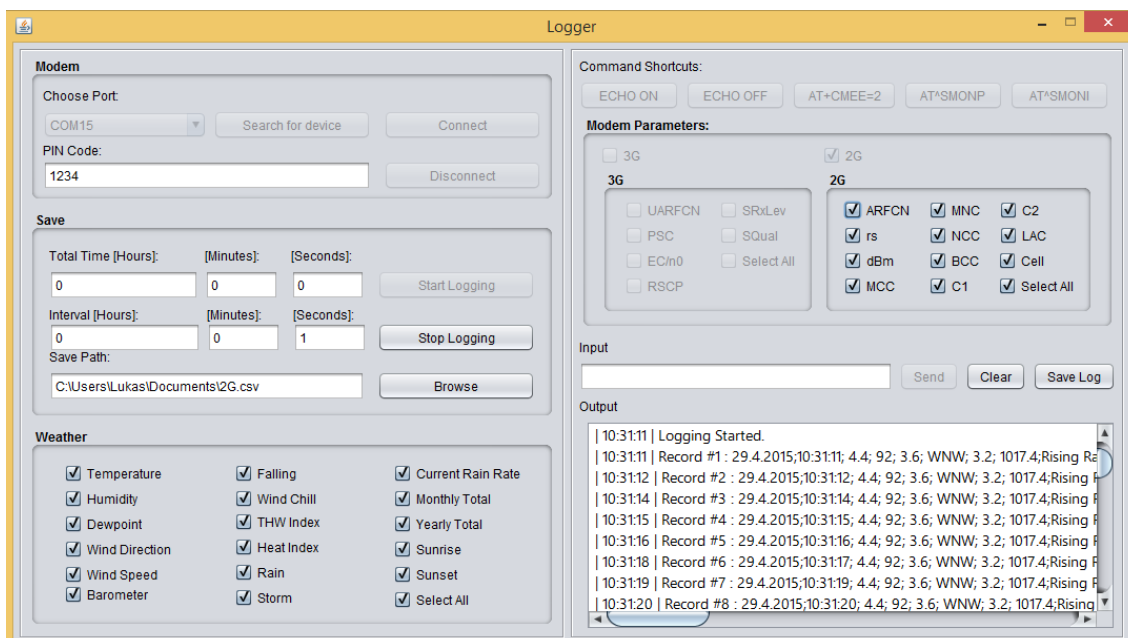
Po připojení k modemu se zpřístupní panel se zaškrťovacími poli parametrů vybrané technologie. Celkově je nutné mít zvolený alespoň jeden parametr pro logování (dohromady s povětrnostními podmínkami).

Dalším krokem je nastavení celkového času (*Total Time*) k logování v panelu *Save*. Pokud zanecháte ve všech textových polích nuly, logování poběží do té doby, než jej uživatel vypne. Jinak je možné zadat celkový čas pro logování v hodinách, minutách i sekundách. To samé platí pro jednotlivé intervaly (*Interval*), ve kterých se ukládají záznamy. Tyto pole se nacházejí pod textovými poli celkového času.

Po zadání předchozích nastavení je potřeba vybrat místo v úložišti, kam se bude výstupní soubor ukládat. Tuto cestu v úložišti je možné zadat ručně přímo do textového pole označeného *Save Path* nebo pomocí výběrového okna tlačítkem *Browse*.

Stisknutím tlačítka *Start Logging*, program spustí logování. Pomocí tlačítka *Stop Logging* je možné kdykoliv program přerušit a uložit naměřené parametry.

Po navázání spojení s modemem a před spuštěním procesu logování, je možné komunikovat s modemem prostřednictvím AT příkazů. Tyto příkazy se píšou do textového pole *Input* a odesílají se modemu tlačítkem *Send*. Veškerá komunikace a odpovědi modemu jsou zaznamenávány v okně *Output*. V pravém horním rohu hlavního panelu se nachází tlačítka s často používanými AT příkazy. Uložení této komunikace (obsahu okna *Output*) lze provést stiskem tlačítka *Save Log*. Pokud byste chtěli vymazat obsah okna *Output*, poslouží k tomuto účelu tlačítko *Clear*.



Obrázek 4: Grafické uživatelské rozhraní programu v průběhu logování

## Ukázka prakticky naměřených parametrů

Následující obrázky zachycují, jak vypadají výstupní soubory ve formátu CSV. Obrazové snímky byly pořízeny z programu MS Excel. Sloupce prezentují datum, čas a poté parametry. Řádky vyjadřují jednotlivé záznamy v odstupu časových intervalů, zadaných v nastavení programu. Parametry rádiového rozhraní sítě jsou popsány v teoretické části práce. Parametry povětrnostních podmínek jsou popsány na konci dokumentu (viz Tabulka 1).

Date	Time	ARFCN[0]	rs[0]	dBm[0]	MCC[0]	MNC[0]	NCC[0]	BCC[0]	C1[0]	C2[0]	LAC[0]	CELL[0]
9.4.2015	13:14:29	14	48	-63	230	3	1	5	43	43	7927	----
9.4.2015	13:14:30	14	48	-63	230	3	1	5	43	43	7927	----
9.4.2015	13:14:31	14	48	-63	230	3	1	5	43	43	7927	----

Obrázek 5: Parametry rádiového rozhraní sítě 2G

UARFCN[0]	PSC[0]	EC/n0[0]	RSCP[0]	SQual[0]	SRxLev[0]	UARFCN[1]	PSC[1]	EC/n0[1]	RSCP[1]	SQual[1]	SRxLev[1]
10712	171	-9.0	-70	16	42	10712	158	-24.0	-121	-29	13
10712	171	-9.0	-70	16	42	10712	158	-24.0	-121	-29	13
10712	171	-9.5	-70	15	42	10712	158	-24.0	-121	-29	13

Obrázek 6: Parametry rádiového rozhraní sítě 3G

Date	Time	Temperature [Celsius]	Humidity [%]	Wind Speed [m/s]	Wind Direction	Dewpoint [Celsius]	Barometer [hPa]	Falling	Wind Chill [Celsius]
17.3.2015	9:02:46	8.6	74	0.4	W	4.2	1034.7	Rising Slowly	8.VI
17.3.2015	9:02:47	8.6	74	0.4	W	4.2	1034.7	Rising Slowly	8.VI
17.3.2015	9:02:49	8.6	74	0.4	W	4.2	1034.7	Rising Slowly	8.VI

Obrázek 7: První část parametrů povětrnostních podmínek

THW Index [Celsius]	Heat Index [Celsius]	Today's Rain [mm]	Storm Total [mm]	Monthly Total [mm]	Yearly Total [mm]	Current Rain [mm/hr]	Sunrise	Sunset
8.IV	8.IV	0.0	0.0	8.0	72.2	0.0	5:58	17:55
8.IV	8.IV	0.0	0.0	8.0	72.2	0.0	5:58	17:55
8.IV	8.IV	0.0	0.0	8.0	72.2	0.0	5:58	17:55

Obrázek 8: Druhá část parametrů povětrnostních podmínek

## Popis parametrů měřených povětrnostních podmínek

Tabulka 1: Tabulka s popisem parametrů povětrnostních podmínek

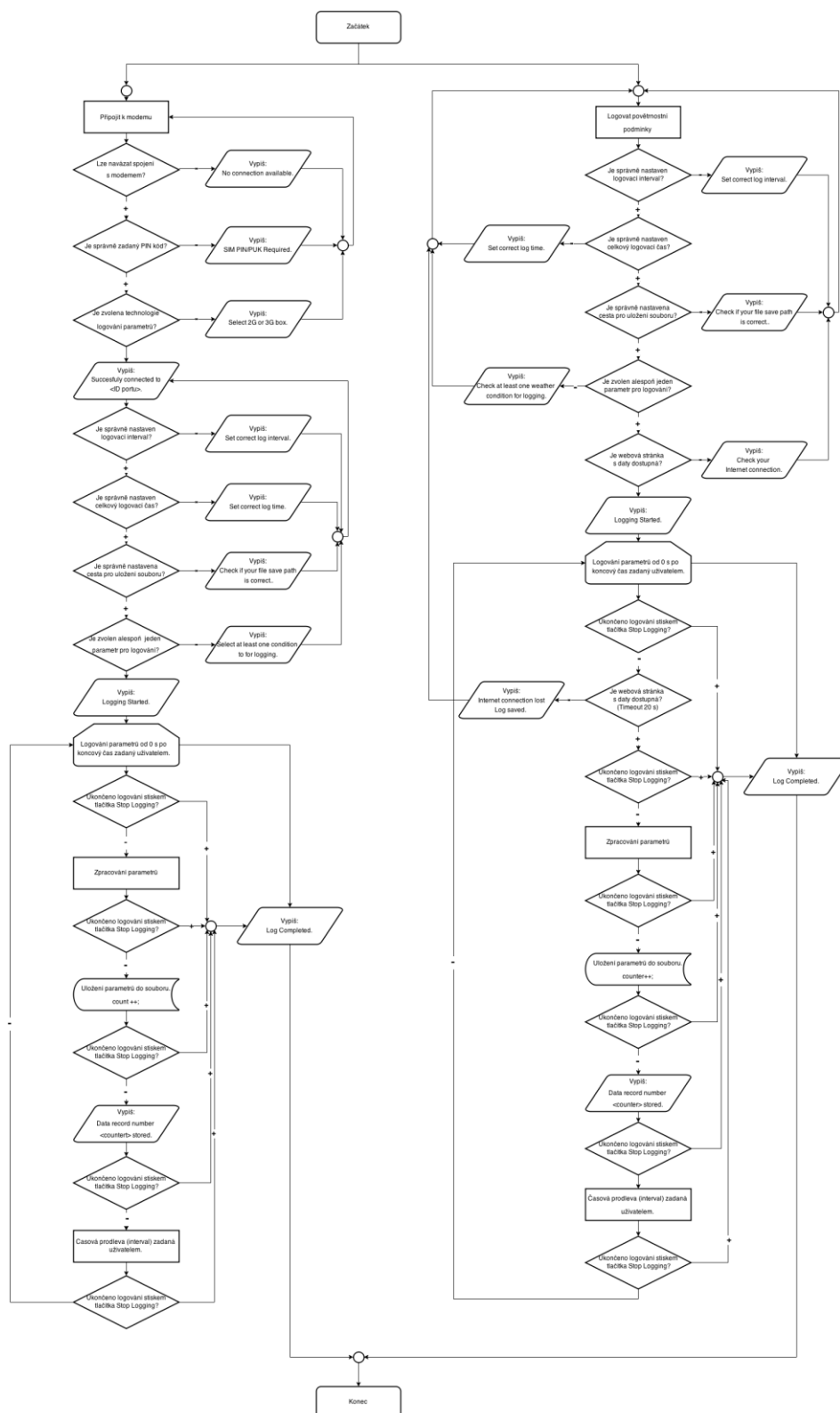
<i>Parametr</i>	<i>Popis</i>
Temperature [Celsius]	<i>Teplota v °C.</i>
Humidity [%]	<i>Vlhkost vzduchu v %.</i>
Wind Speed [m/s]	<i>Rychlost větru v m/s.</i>
Wind Direction	<i>Směr větru (Anglické zkratky, N – sever atd.)</i>
Dewpoint [Celsius]	<i>Rosný bod v °C.</i>
Barometer [hPa]	<i>Tlak vzduchu v hPa.</i>
Falling	<i>Tendence tlaku vzduchu.</i>
Wind Chill [Celsius]	<i>Teplota vzduchu při foukání větru v °C.</i>

---

THW Index [Celsius]	<i>Zahrnuje teplotu, vítr a vlhkost vzduchu v °C (pocitová teplota).</i>
Heat Index [Celsius]	<i>Kombinuje teplotu vzduchu a jeho vlhkost v °C (pocitová teplota vzduchu).</i>
Today's Rain [mm]	<i>Celkový úhrn srážek za aktuální den v mm. (1mm = 1l/m2)</i>
Storm Total [mm]	<i>Celkový úhrn bouřkových srážek v mm.</i>
Monthly Total [mm]	<i>Celkový měsíční úhrn srážek v mm.</i>
Yearly Total [mm]	<i>Celoroční úhrn srážek v mm.</i>
Current Rain Rate [mm/hr]	<i>Aktuální srážky v mm/hodinu.</i>
Sunrise	<i>Východ slunce (časový údaj).</i>
Sunset	<i>Západ slunce (časový údaj).</i>



Příloha B: *Vývojový diagram programu (1 strana)*



---

Příloha C: *Zjednodušené schéma životního cyklu programu Logger (1 strana)*

